

Mise en place d'une méthode d'analyse des données et résultats d'expérimentation de travaux d'épandage de boues résiduaires et effluents organiques sur le terrain

Y. Galiègue, S. Lacour, P. Guiscafré, G. Vaitilingom, P. Higelin, P. Gallet

CEMAGREF, Unité TSAN, BP 44, Parc de Tourvoie, 92163 Antony cedex

yves.galiegue@cemagref.fr

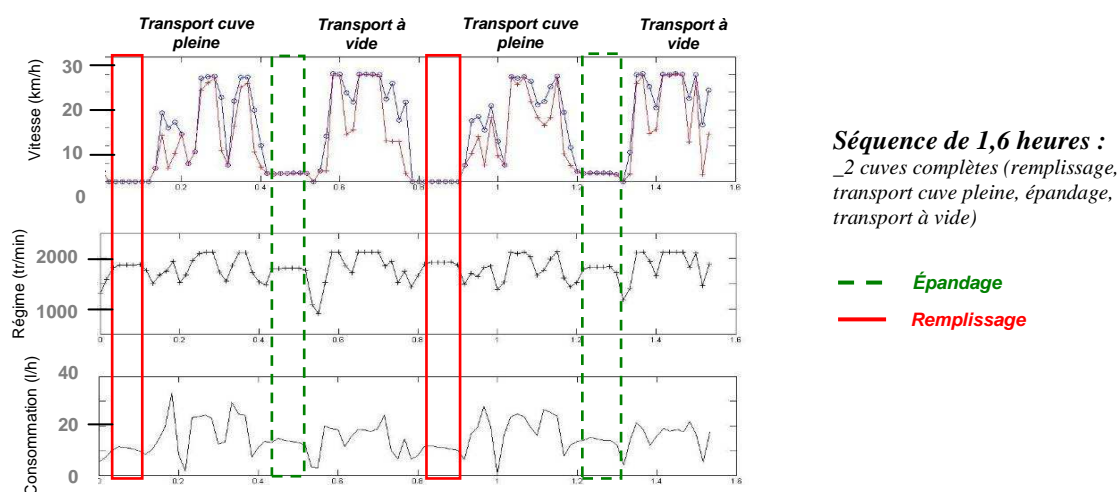
Résumé : L'analyse de données issues d'expérimentations sur le terrain permet d'observer la consommation de carburant des tracteurs lors des chantiers d'épandage, mais aussi d'affiner les profils de missions liés à ces chantiers. Ces profils de mission pourront alors être utilisés afin d'identifier les leviers d'amélioration de la performance énergétique des tracteurs.

Mots clés : consommation de carburant, tracteurs agricoles, mesures de terrain, analyses de données.

L'étude réalisée fait partie intégrante du projet ECODEFI (Eco-conception et développement de méthodologies de fabrication innovante de machines d'épandage). Elle a notamment pour objectif d'établir la performance énergétique des machines, et les émissions polluantes affiliées, lors des chantiers d'épandage. Les données nécessaires sont acquises auprès de six sites expérimentaux répartis à travers la France. Les sites varient entre eux par le type de boue épandue (liquide, pâteux, solide), mais aussi le type d'équipement utilisé (épandeur rampe à pendillards, épandeur à hérissos verticaux, automoteur). Chaque site dispose donc d'un tracteur équipé d'une centrale d'acquisition qui permet d'acquérir un ensemble d'informations sur les vitesses d'avancement, consommations, régimes et températures moteur. Les données ont été recueillies pendant plus d'un an auprès des différents sites et représentent l'équivalent de 2000h de travail.

Le recoupement des enregistrements avec les carnets d'utilisation des tracteurs (indiquant le type de travail effectué avec le tracteur pour chaque journée) permet d'identifier les journées imputées à de l'épandage. La création d'un programme sous Matlab, spécifique à chaque site, permet alors d'automatiser l'extraction et l'analyse des données souhaitées. Chaque journée est composée d'un nombre variable de « cuves », elles-mêmes découpées en quatre phases typiques : remplissage / transport cuve pleine / épandage / transport à vide. Une première observation des données acquises a permis d'identifier les phases par le biais de critères de vitesse d'avancement et de régime moteur. Ainsi, on peut établir que la phase d'épandage de boues STEP liquides s'effectue à des vitesses stabilisées, inférieures à 5km/h. De même, la plupart des phases de remplissage sont identifiées par des vitesses nulles, et des régimes supérieurs au régime de ralenti (Fig.1). L'analyse des données de la centrale permet d'évaluer la moyenne de la consommation en carburant pour chaque phase. Par la suite, l'exploitation de l'ensemble des informations disponibles permet d'établir un profil de mission moyen (vitesse, régime moteur, consommation, durée et débit d'épandage) qui varie en fonction du type de boue et/ou de la machine agricole utilisée.

Figure 1: Épandage de boues STEP liquides aux 5 Charmes (24 mars 2009)



L'observation des différents profils de mission et des consommations de carburant pour chacun des sites démontre l'importance des phases de transport sur la consommation totale d'une cuve,

atteignant dans certains cas les trois quarts de la consommation totale sur une cuve. En effet, dans près de 80% des cas, l'agriculteur va chercher les boues à la station d'épuration avec le tracteur. Sachant que les stations d'épuration ne sont pas forcément placées à proximité des parcelles (Feyrin, B. 2004), la consommation devient rapidement importante, d'autant plus que la puissance demandée en transports est particulièrement élevée. La consommation pour un couple tracteur-épandeur est proche de 1 litre par kilomètre parcouru cuve pleine et 0,7 l/km à vide pour des distances supérieures au kilomètre.

Une première solution consiste à utiliser un limiteur de vitesse sur le tracteur lorsque celui-ci tracte une cuve pleine. En effet, la mise en place d'un limiteur sur les automoteurs permet de maintenir la consommation cuve pleine à un niveau proche de celle observée à vide. La réduction totale de la consommation sur l'ensemble des phases de transport atteint alors 15%.

Une seconde solution, plus complexe à mettre en place en terme de logistique, est d'utiliser un camion pour l'acheminement des boues à la parcelle. Dans ce cas, le tracteur n'est employé que pour la phase d'épandage, ce qui permet de réduire la consommation lors du transport des boues. Ainsi, pour l'épandage de boues STEP, l'utilisation d'un camion 28 tonnes (soit l'équivalent de deux cuves) permettrait de diviser par deux le nombre de voyages entre la station d'épuration et la parcelle et de réduire la consommation moyenne lors de chaque voyage. Au final, la réduction de la consommation affiliée aux transports peut atteindre 80%.

Les données obtenues seront utilisées pour effectuer l'analyse en cycle de vie des différents scénarios d'épandages dans le cadre du projet ECODEFI. L'observation des données a permis de faire ressortir l'importance des phases de transport sur la consommation globale lors d'un chantier. Une solution pour diminuer la consommation énergétique lors des travaux d'épandage serait donc de réviser l'utilisation du tracteur et la logistique même des chantiers d'épandage. À l'avenir, ce type d'analyse pourra être élargi à l'ensemble des travaux réalisés, dans un objectif d'amélioration de la performance énergétique des tracteurs pour tous les chantiers.

Bibliographie

Thirion, F. and F. Chabot (2003). "Epandage des boues résiduelles et effluents organiques. Matériels et pratiques". Antony, Cemagref Editions

Cedra, C., M. Rousselet, et al. (1997). "Les matériels de fertilisation et traitement des cultures" Antony, Cemagref Editions

Feyrin, B. (2004). Étude des pratiques agricoles d'épandage des boues de stations d'épuration municipales en Auvergne - Limousin: 155


Pradel, M. and F. Thirion (2009). "Rapport Technique Interne n°39 : Fertilisation des systèmes de cultures par des boues de station d'épuration". Montoldre



Mise en place d'une méthode d'analyse des données et résultats d'expérimentation de travaux d'épandages de boues résiduaires et effluents organiques sur le terrain

Galiègue Y., Lacour S., Guiscafré P., Vaitilingom G.,
Gallet P., Higelin, P.

Ecotechs'09
Vendredi 23 octobre 2009





PLAN DE LA COMMUNICATION

- Introduction
- Moyens expérimentaux disponibles
- Présentation de la méthode d'analyse
- Profils de mission et indicateurs de consommation
- Conclusion / Perspectives

2 Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009





INTRODUCTION

► **CONTEXTE**

- Réduction de l'impact environnemental des chantiers agricoles
Étude réalisée dans le cadre du projet ECODEFI (Eco-conception et développement de méthodologies de fabrication innovante de machines d'épandage)
- Maîtrise de la consommation énergétique des tracteurs lors des chantiers d'épandage

► **OBJECTIFS**

- Construction de profils de mission et d'indicateurs de consommation pour les chantiers d'épandages
- Proposition de leviers d'amélioration de la performance énergétique

3 Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009



MOYENS EXPÉRIMENTAUX DISPONIBLES

► ÉQUIPEMENTS DES SITES EXPÉRIMENTAUX

- 5 sites répartis sur le territoire français
- Diversifier les scénarios d'épandage entre chaque site
 - 2 Automoteurs (boues STEP liquides et lisier)
 - 1 Couple tracteur-épandeur (boues STEP liquides et lisier)
 - 2 Couples tracteur-épandeur (boues STEP solides, compost et fumier)





Figure 1: Répartition géographique des sites expérimentaux




4 Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009 Cemagref Sciences, eau & territoires

PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE D'ANALYSE

► EXPLOITATION DES DONNÉES TERRAIN

- Installation de centrales d'acquisition sur chaque site
- Enregistrement de données toutes les minutes
 - Vitesse moyenne d'avancement (km/h)
 - Consommation moyenne (l/h)
 - Régime moteur (tr/min)
 - Température d'échappement (°C)
- Extraction des données liées aux journées d'épandages
 - Exploitation des carnets d'utilisation des tracteurs
 - Près de 1000h de chantiers d'épandage



5 Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009

PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE D'ANALYSE

► ANALYSE DES DONNÉES

- Identification des phases d'une « cuve »
 - Critères de vitesse et de régime moteur pour chaque phase

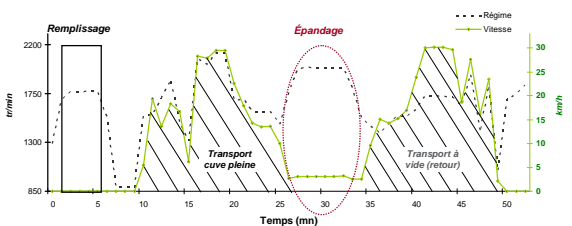


Figure 2: Exemple CUMA 5 Charres, épandage de boues STEP liquides

6 Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009 Cemagref Sciences, eau & territoires

PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE D'ANALYSE

► ANALYSE DES DONNÉES

- Examen spécifique à chacun des sites
- Moyenne des résultats pour une « cuve »
 - En fonction de la machine agricole utilisée
 - En fonction du type de produit épandu
- Évaluation des profils de mission
 - Vitesse, consommation horaire, durée et débit d'épandage

7

Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009



PROFILS DE MISSION ET INDICATEURS DE CONSOMMATION

- Exemple: Épandages de produits liquides
 - Stabilité de la consommation en phase d'épandage
 - Importance des transports sur la consommation globale

		Vitesse (km/h)	Durée (min)	Distance (km)	Consommations		Quantité épandue (Mg/ha)
					Par cuve (litres)	Horaire (l/h)	
Boues STEP (9 journées / 76 cuves)	Remplissage	0	6	0	1	11.1	
	Transport cuve pleine	17	18	5	5.4	17.7	
	Épandage	3	6	0.4	2	14.6	
	Transport à vide	20	16	5	4	15.1	
	TOTAL		46		12.4		3.5
Lisier (11 journées / 28 cuves)	Remplissage	0	4	0	0.8	11.4	
	Transport cuve pleine	7	5	0.6	1	11.4	
	Épandage	3	6	0.3	1.5	14.5	
	Transport à vide	9	4	0.6	0.7	10.6	
	TOTAL		19		4		2.9

8

Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009



PROFILS DE MISSION ET INDICATEURS DE CONSOMMATION

- Exemple: Épandages de produits solides
 - Consommation plus élevée en phase d'épandage que pour les produits liquides

		Vitesse (km/h)	Durée (min)	Distance (km)	Consommations		Quantité épandue (Mg/ha)
					Par cuve (kg)	Horaire (kg/h)	
Boues STEP (11 journées / 3 cuves)	Remplissage	0	16	0	0	0	
	Transport cuve pleine	17	13	4	3.7	16.5	
	Épandage	6	6	0.8	2	20.3	
	Transport à vide	25	10	4	2.5	14.5	
	TOTAL		45		6.2		3.3
Fumier (2 journées / 19 cuves)	Remplissage	0	9	0	0	0	
	Transport cuve pleine	12	7	1.4	1.3	11.8	
	Épandage	7	8	0.9	2.5	20.7	
	Transport à vide	14	6	1.4	1.1	11.6	
	TOTAL		30		5		3

9

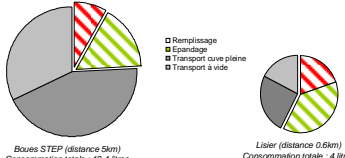
Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009



PROFILS DE MISSION ET INDICATEURS DE CONSOMMATION

► IMPORTANCE DES TRANSPORTS SUR LA CONSOMMATION

- *Utilisation des couples tracteur-épandeur en transport*
 - Consommation équivalente à 0.7 l/km à vide et 1 l/km cuve pleine
- *Consommation totale augmentant proportionnellement à la distance*
 - Cas des boues STEP : stations d'épuration éloignées des parcelles
 - Influence également la durée des chantiers d'épandage



Boues STEP (distance 5km)
Consommation totale : 12.4 litres

Liser (distance 0.6km)
Consommation totale : 4 litres

Figure 3: Consommation totale pour une cuve (CUMA 5Charmes)

10 Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009 Cemagref Sciences, eaux & territoires

PROFILS DE MISSION ET INDICATEURS DE CONSOMMATION

► RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION

- *Réduire la vitesse du tracteur en transport cuve pleine*
 - Mise en place d'un limiteur sur les automoteurs : maintien de la consommation

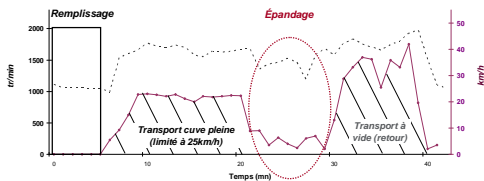


Figure 4: Épandage boues STEP liquides CUMA des Landes

11 Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009 Cemagref Sciences, eaux & territoires

PROFILS DE MISSION ET INDICATEURS DE CONSOMMATION

► RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION

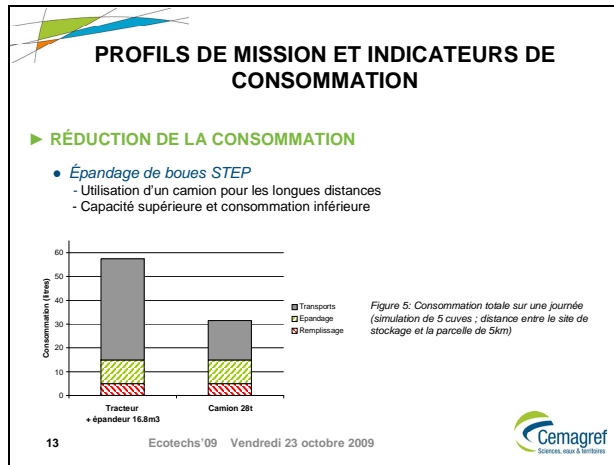
- *Utilisation d'un limiteur en transport cuve pleine*
 - Comparatif des consommations en transport : épandages boues STEP liquides
 - Maintien de la consommation horaire en transport cuve pleine à des valeurs proches de la consommation en transport à vide

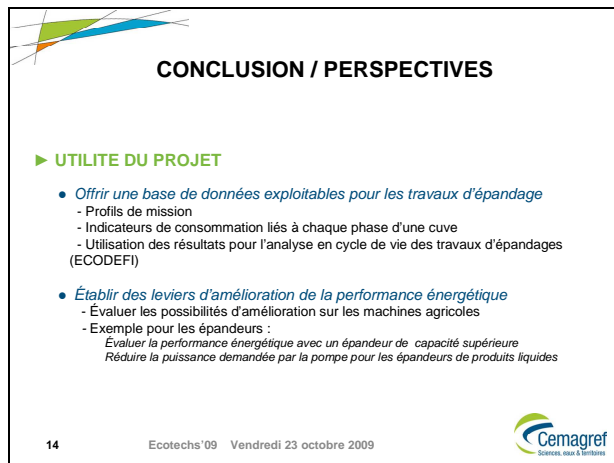
MAIS

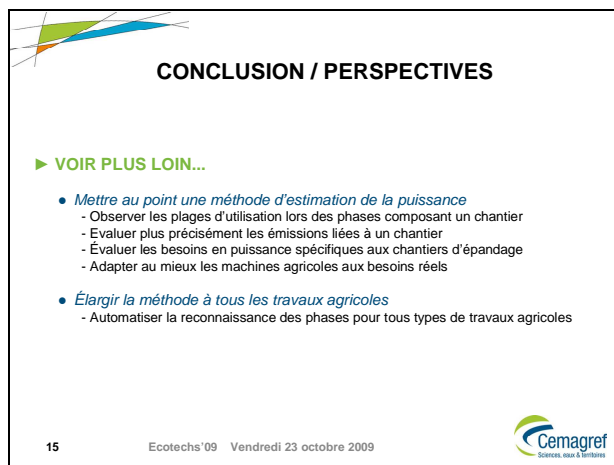
- Durée de transport plus importante avec le limiteur
- *Amoindrit le gain réalisé sur la consommation horaire*


		Vitesse (km/h)	Durée (min)	Distance (km)	Consommations	
					Par cuve (l/min)	Horaire (l/h)
Automoteur	Transport cuve pleine	18	13	4	4.1	19
	Transport à vide	22	11	4	3.1	17
	DIFFÉRENTIEL				24%	11%

12 Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009 Cemagref Sciences, eaux & territoires









BIBLIOGRAPHIE

Thirion, F. and F. Chabot (2003). "Epandage des boues résiduaires et effluents organiques. Matériels et pratiques". Antony, Cemagref Editions.


Cedra, C., M. Rousselet, et al. (1997). "Les matériels de fertilisation et traitement des cultures" Antony, Cemagref Editions.

Feyrin, B. (2004). Étude des pratiques agricoles d'épandage des boues de stations d'épuration municipales en Auvergne - Limousin: 155.

Pradel, M. and F.Thirion (2009). "Rapport Technique Interne n°39 : Fertilisation des systèmes de cultures par des boues de station d'épuration". Montoldre.

16

Ecotechs'09 Vendredi 23 octobre 2009


Solutions. Eau & Environnement
